
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Kursus Semasa Cuti Panjang
Sidang Akademik 2003/2004

April 2004

**ZCT 104E/3 - Physics IV (Modern Physics)
[Fizik IV (Fizik Moden)]**

Duration: 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that the examination paper consists of **TWELVE** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **DUABELAS** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

Instruction: Answer all **FOUR (4)** questions.

Students are allowed to answer all questions in Bahasa Malaysia or in English.

Please answer Question 1 in the objective answer form provided. Submit the objective answer form and the written answers to the structured questions (i.e. Q2 – Q4) separately.

Arahan: Jawab kesemua **EMPAT** soalan. Pelajar dibenarkan menjawab semua soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris. Sila jawab Soalan 1 dalam kertas jawapan objektif yang dibekalkan. Hantar kertas jawapan objektif dan jawapan bertulis kepada soalan struktur (iaitu Soalan 2 – Soalan 4) berasingan.]

Data

speed of light in free space, $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
 permeability of free space, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$
 permittivity of free space, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
 elementary charge, $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
 the Planck constant, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
 unified atomic mass constant, $u = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$
 rest mass of electron, $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
 rest mass of proton, $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
 molar gas constant, $= 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
 the Avogadro constant, $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 gravitational constant, $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
 acceleration of free fall, $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$

Question 1. [25 marks]

Soalan 1. [25 markah]

- 1.1 What were the consequences of the negative result of the Michelson-Morley experiment?

[Antara berikut yang manakah merupakan akibat keputusan negatif eksperimen Michelson-Morley?]

- I. It render untenable the hypothesis of the ether
[Ia menjadikan hipotesis ether tidak dapat dipertahankan]
- II. It suggests the speed of light in the free space is the same everywhere, regardless of any motion of source or observer
[Ia mencadangkan bahawa laju cahaya dalam ruang bebas adalah sama di mana-mana sahaja, tidak kira sama ada punca cahaya atau pemerhati mempunyai sebarang pergerakan]
- III. It implies the existence of a unique frame of reference in which the speed of light in this frame is equal to c
[Ia mengimplikasikan kewujudan suatu rangka rujukan yang laju cahaya dalam rangka tersebut adalah bersamaan dengan c]

- A. III only B. I,II C. I, III D. I, II, III
 E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*

1.2 Which of the following statement(s) is (are) true?
[Manakah kenyataan yang berikut adalah benar?]

I. The expression for kinetic energy of a relativistic particle is given by
 $\frac{1}{2}mv^2$

[Ekspresi tenaga kinetik suatu zarah kerelatifan ialah $\frac{1}{2}mv^2$]

II. Special theory of relativity is applicable to accelerating system
[Teori kerelatifan khas boleh dipergunakan ke atas sistem yang mengalami pecutan]

III. The maximal velocity ever attainable is that of light in free space
[Laju maksimum yang mungkin tercapai ialah laju cahaya dalam ruang bebas]

IV. The mass of a particle becomes infinite at the speed equal to c
[Jisim suatu zarah menjadi infinit pada laju bersamaan dengan c]

A. II,III

B. I,II,III,IV

C. I, II, III

D. III, IV

E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*

1.3 Which of the following statement(s) is (are) true?
[Manakah kenyataan yang berikut adalah benar?]

I The concept of Bohr orbit violates the uncertainty principle
[Konsep orbit Bohr melanggar prinsip ketidakpastian]

II A hydrogen atom has only a single electron
[Atom hidrogen mempunyai satu elektron tunggal sahaja]

III The spectrum of hydrogen consists of many lines even though a hydrogen atom has only a single electron
[Spektrum hidrogen terdiri daripada banyak pinggir (garisan) walaupun atom hidrogen hanya mempunyai satu elektron sahaja]

IV Most of an atom consists of empty space
[Kebanyakan daripada isipadu suatu atom terdiri daripada ruang kosong]

A. I,II

B. I,II,III,IV

C. I, II, III

D. III, IV

E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*

1.4 Which of the following statement(s) is (are) true?

[Manakah kenyataan yang berikut adalah benar?]

- I.** In the Bohr theory of the hydrogen atom, the potential energy of the orbiting electron is positive
[Dalam teori atom hidrogen Bohr, tenaga keupayaan elektron yang mengorbit ialah positif]
- II.** In the Bohr theory of the hydrogen atom, the kinetic energy of the orbiting electron is positive
[Dalam teori atom hidrogen Bohr, tenaga kinetik elektron yang mengorbit ialah positif]
- III.** In the Bohr theory of the hydrogen atom, the potential energy of the orbiting electron is negative
[Dalam teori atom hidrogen Bohr, tenaga keupayaan elektron yang mengorbit ialah negatif]
- IV.** In the Bohr theory of the hydrogen atom, the kinetic energy of the orbiting electron is negative
[Dalam teori atom hidrogen Bohr, tenaga kinetik elektron yang mengorbit ialah negatif]

A. I,II

B. III,IV

C. I, IV

D. II, III

E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*

Question 1.5 – Question 1.7 refers to the energy diagrams shown in Figure 1.

[Soalan 1.5 - Soalan 1.7 merujuk kepada gambarajah yang terpapar di Gambarajah 1.]

Some of the energy levels of the hydrogen atom are shown (not to proportion)

[Beberapa paras tenaga atom hidrogen dipaparkan seperti berikut (tidak mematuhi nisbah)]

Energy in eV <i>[Tenaga dalam eV]</i>	Quantum states <i>[keadaan kuantum]</i> , n
0.0	$n = \infty$
-0.38	$n = 6$
-0.54	$n = 5$
-0.85	$n = 4$
-1.51	$n = 3$
-3.40	$n = 2$
-13.58	$n = 1$

Figure 1 /Gambarajah 1/

- 1.5** How much energy in eV is required to raise an electron from the ground state to the $n = 5$ state? (ignore selection rules)

[Apakah tenaga (dalam unit eV) yang diperlukan untuk menaikkan suatu elektron dari keadaan bumi ke keadaan $n = 5$? (abaikan petua pilihan)]

- A. 13.58 B. 10.18 C. 12.73 D. 13.04
E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*

- 1.6** What is the approximate wavelength of photon (in nm) emitted when the electron makes a transition from state $n = 6$ to $n = 2$? (ignore selection rules)

[Apakah anggaran jarak gelombang (dalam unit nm) untuk foton yang terpancar semasa elektron beralih dari keadaan $n = 6$ ke $n = 2$? (abaikan petua pilihan)]

- A. 91 B. 122 C. 94 D. 410
E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*

- 1.7 How many different photons can be emitted by the hydrogen atom that undergoes transitions to the $n = 4$ state from the $n = 6$ state? (ignore selection rules)
[Terdapat berapa foton berbeza yang terpancar oleh atom hidrogen yang mengalami peralihan ke keadaan $n = 6$ dari keadaan $n = 4$? (abaikan petua pilihan)]
- A. 3 B. 4 C. 1 D. 6
 E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*
- 1.8 In relativity, which of the following observable(s) is (are) not absolute but depend on the reference frame of observer?
[Dalam teori kerelatifan, pembolehcerap yang mana adalah tidak mutlak tetapi bersandar kepada rangka rujukan pemerhati?]
- I. Space *[ruang]*
 II. Time *[masa]*
 III. Mass *[jisim]*
 IV. Energy *[tenaga]*
- A. I,II B. I,II,III,IV C. I, II, III D. III,IV
 E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*
- 1.9 Which of the following statement(s) is (are) true?
[Manakah kenyataan yang berikut adalah benar?]
- I. γ -rays have much shorter wavelength than x-rays
[Jarak gelombang sinar γ adalah jauh lebih pendek daripada jarak gelombang sinar x]
- II. The wavelength of x-rays in a x-ray tube can be controlled by varying the accelerating potential
[Jarak gelombang sinar x dalam suatu tiub sinar x dapat dikawal dengan menyelaraskan beza upaya pecutan]
- III. x-rays are electromagnetic waves
[Sinar x ialah gelombang elektromagnetik]
- IV. x-rays show diffraction pattern when passing through crystals
[Sinar x memperlihatkan corak belauan semasa ia melalui hablur]
- A. I,II B. I,II,III,IV C. I, II, III D. III,IV
 E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*

1.10 Which of the following statement(s) is (are) true?
[Manakah kenyataan yang berikut adalah benar?]

- I.** Photoelectric effect arises due to the absorption of electrons by photons
[Kesan fotoelektrik muncul kerana penyerapan elektron oleh foton]
- II.** Compton effect arises due to the scattering of photons by free electrons
[Kesan Compton muncul kerana penyerakan foton oleh elektron bebas]
- III.** In the photoelectric effect, only part of the energy of the incident photon is lost in the process
[Dalam kesan fotoelektrik, hanya sebahagian daripada tenaga foton tuju terlesap dalam proses tersebut]
- IV.** In the Compton effect, the photon completely disappears and all of its energy is given to the Compton electron
[Dalam kesan Compton, foton hilang langsung dan kesemua tenaganya diberikan kepada elektron Compton]

A. I,II B. II,III,IV C. I, II, III D. III,IV
E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*

1.11 Which of the following statement(s) is (are) true?
[Manakah kenyataan yang berikut adalah benar?]

- I.** Compton effect is experimentally observed for visible light rays
[Kesan Compton dapat dicerap secara eksperimen bagi cahaya ternampak]
- II.** The presence of the unmodified line in Compton scattering can be explained in terms of Rayleigh scatterings
[Kehadiran pinggir (garisan) yang tidak berubah dalam penyerakan Compton dapat diterangkan dengan penyerakan Rayleigh]
- III.** In Compton scattering, one neglects the effect of the nucleus on the x-rays
[Dalam penyerakan Compton, kita mengabaikan kesan ke atas sinar x oleh nucleus]

A. II, III B. I, III C. I, II, III D. II only
E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*

1.12 Which of the following statement(s) is (are) true?
[Manakah kenyataan yang berikut adalah benar?]

- I** The energy of the quantum of light is proportional to the frequency of the wave model of light
[Tenaga kuantum cahaya adalah berkadar dengan frekuensi model gelombang cahaya]
- II** In photoelectricity, the photoelectrons has as much energy as the quantum of light which causes it to be ejected
[Dalam kesan fotoelektrik, fotoelektron mempunyai tenaga sebanyak tenaga kuantum cahaya yang menyebabkan fotoelektron terlenting]
- III** In photoelectricity, no time delay in the emission of photoelectrons would be expected in the quantum theory
[Dalam teori kuantum, tiada tunda masa dalam pemancaran fotoelektron dijangkakan untuk kesan fotoelektrik]

A. II, III B. I, III C. I, II, III D. I ONLY
E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*

1.13 An electron, proton and an alpha-particle have the same de Broglie wavelength. Which one moves faster?
[Elektron, proton dan zarah alpha ketiga-tiganya mempunyai jarak gelombang de Broglie yang sama. Yang manakah bergerak dengan lebih pantas?]

- A. Electron B. Proton C. Alpha-particle**
- D. All particles move at the same speed** *[kesemua zarah bergerak dengan kelajuan yang sama]*
- E. Non of the above** *[Tiada dalam pilihan di atas]*

1.14 Which of the following statement(s) is (are) true?
[Manakah kenyataan yang berikut adalah benar?]

- I.** The de Broglie wavelengths of macroscopic bodies are generally too tiny to be experimentally detected
[Jarak gelombang de Broglie jasad makroskopik secara amnya adalah terlalu kecil untuk dikesan secara eksperimen]
- II.** If Planck's constant were smaller than it is, quantum phenomena would be more conspicuous than they are now
[Jika nilai pemalar Planck adalah lebih kecil daripada nilainya yang sedia ada, fenomena kuantum akan menjadi lebih sedia tercerap berbanding dengan ketercerapannya yang sedia ada]

III In quantum theory, the physical variables (e.g. energy, momentum) used to describe a confined electron are discrete
[Dalam teori kuantum, pembolehubah fizikal (misalnya tenaga dan momentum) yang memerihalkan sesuatu elektron yang terkurung adalah diskrit]

- A. II, III B. I ONLY C. I, II, III D. I, III**
E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*

1.15 Which of the following statement(s) is (are) true?
[Manakah kenyataan yang berikut adalah benar?]

- I.** The experimental proof for which electron posses a wavelength $\lambda = \frac{h}{p}$ was first verified by Davisson and Germer
[Pembuktian secara eksperimen bahawa elektron mempunyai jarak gelombang $\lambda = \frac{h}{p}$ pada mula-mulanya ditentukan oleh Davisson and Germer]
- II.** The experimental proof of the existence of discrete energy levels in atoms involving their excitation by collision with low-energy electron was confirmed in the Frank-Hertz experiment
[Pembuktian secara eksperimen kewujudan paras tenaga diskrit dalam atom yang melibatkan pengujian mereka oleh perlanggaran dengan elektron bertenaga rendah telah dipastikan dalam eksperimen Frank-Hertz]
- III.** Compton scattering experiment establishes that light behave like particles
[Penyerakan Compton menetapkan bahawa cahaya berlagak seperti zarah]
- IV.** Photoelectric experiment establishes that electrons behave like wave
[Kesan fotoelektrik menetapkan bahawa elektron berlagak seperti gelombang]

- A. I,II B. I,II,III,IV C. I, II, III D. III,IV**
E. Non of the above *[Tiada dalam pilihan di atas]*

Question 2. [25 marks]**Soalan 1. [25 markah]**

- (a) A man in a spaceship moving at a velocity of $0.9c$ with respect to the Earth shines a light beam in the same direction in which the spaceship is travelling.

[Seorang yang berada di dalam satu kapal angkasa yang bergerak pada halaju $0.9c$ relatif kepada Bumi menyinarakan satu bim cahaya ke arah yang mana kapal angkasa itu sedang bergerak.]

Compute the velocity of the light beam relative to Earth using
[Hitungkan halaju bim cahaya itu relatif kepada Bumi dengan menggunakan]

- | | | |
|------|--|------------------|
| (i) | Galilean approach <i>[pendekatan Galileo]</i> | <i>[3 marks]</i> |
| (ii) | Special relativity approach <i>[pendekatan teori kerelatifan khas]</i> | <i>[6 marks]</i> |

Please define clearly all the symbols used in your working.

[Sila nyatakan dengan jelas definasi simbol-simbol yang digunakan dalam kerja anda.]

- (b) How fast does a rocket have to go for its length to be contracted to 99% of its rest length?
[Berapa cepatkah suatu roket harus bergerak supaya panjangnya menyusut kepada 99% daripada panjang rehatnya?]

[5 marks]

- (c) The average lifetime of μ -meson with a speed of $0.95c$ is measured to be 6×10^{-6} s. Compute the average lifetime of μ -meson in a frame in which they are at rest.

[Hayat purata meson- μ yang bergerak dengan kelajuan $0.95c$ adalah diukur sebagai 6×10^{-6} s. Hitungkan hayat purata meson- μ dalam rangka di mana mereka adalah rehat]

[5 marks]

- (d) (i) What is the rest mass of a proton in terms of MeV?
[Apakah jisim rehat satu proton dalam unit MeV?]

[2 marks]

- (ii) What is the relativistic mass of a proton (in terms of MeV) whose kinetic energy is 1 GeV?

[Apakah jisim kerelatifan satu proton (dalam unit MeV) yang bertenaga kerelatifan 1 GeV?]

[4 marks]

Question 3. [25 marks]**Soalan 3 [25 markah]**

- (a) A proton is accelerated from rest through a potential of 1 kV. Find its de Broglie wavelength.
[Suatu proton dipecutkan dari keadaan rehat melalui satu beza keupayaan 1 keV. Hitungkan jarak gelombang de Broglienya.]
 [6 marks]

- (b) Determine the cutoff wavelength in \AA of x-rays produced by a 50-keV electrons in a x-ray tube.
[Tentukan jarak gelombang penggal (dalam unit \AA) sinar x yang dihasilkan oleh elektron 50 keV dalam suatu tiub sinar x.]
 [5 marks]

- (c) Determine the photon flux (in unit of number of photons per unit time per unit area) associated with a beam of monochromatic light of wavelength 3000 \AA and intensity $3 \times 10^{-14} \text{ W/m}^2$.
[Tentukan fluks foton (dalam unit bilangan foton per unit masa per unit luas) yang bersepadanan dengan suatu bim cahaya monokromatik berjarak gelombang 3000 \AA dan berkeamatan $3 \times 10^{-14} \text{ W/m}^2$.]
 [8 marks]

- (d) Suppose that the x-component of the velocity of a $2 \times 10^{-4} \text{ kg}$ mass is measured to an accuracy of $\pm 10^{-6} \text{ m/s}$. What is the limit of the accuracy with which we can locate the particle along the x-axis?
[Andaikan bahawa komponen x halaju suatu jasad berjisim $2 \times 10^{-4} \text{ kg}$ diukur tepat kepada kejituan $\pm 10^{-6} \text{ m/s}$. Apakah limit kejituan kedudukannya yang boleh kita pastikan sepanjang paksi-x?]
 [6 marks]

Question 4. [25 marks]**Soalan 4 [25 markah]**

- (a) Given the ground state energy of hydrogen atom -13.6 eV , estimate the ionisation energy for He^+ .
[Diberi bahawa tenaga keadaan bumi atom hidrogen ialah -13.6 eV , anggarkan tenaga pengionan untuk He^+ .]
[5 marks]
- (b) What are the n values in the transition that produces the third longest wavelength in the Balmer series in the hydrogen atom? (ignore selection rules)
[Apakah nilai-nilai n yang peralihannya menghasilkan jarak gelombang yang ketiga paling panjang dalam siri Balmer atom hidrogen? (abaikan petua pilihan)]
[4 marks]
- (c) Given the Bohr radius of the hydrogen atom $r_0 = 0.5 \text{ \AA}$, estimate the speed (in m/s) of the electron in the ground state orbit of the hydrogen atom.
[Diberi bahawa radius Bohr atom hidrogen ialah $r_0 = 0.5 \text{ \AA}$, anggarkan laju (dalam m/s) elektron dalam orbit keadaan bumi atom hidrogen.]
[8 marks]
- (d) Given the Rydberg constant $R = 1.0967758 \times 10^{-3} \text{ \AA}^{-1}$, determine, in \AA ,
 (i) the shortest, and
 (ii) the longest
 wavelengths of the Lyman series of hydrogen.
*[Diberi bahawa pemalar Rydberg ialah $R = 1.0967758 \times 10^{-3} \text{ \AA}^{-1}$.
 Tentukan, dalam unit \AA , jarak gelombang yang*
 (i) paling pendek, dan
 (ii) paling panjang
dalam siri Lyman hidrogen]
[4 + 4 marks]